

*Dans cette troisième partie, nous avons proposé une démarche d'ingénierie dirigée par les modèles orientée vers l'intégration comme caractéristique première d'un système d'entreprise et de son système d'information. Cette démarche repose sur une interprétation itérative du cadre de modélisation de la norme 19439 permettant la recherche de l'alignement entre solutions standard et besoin spécifique à partir de référentiels et normes.*

*Un méta-modèle d'intégration a été proposé pour structurer les construits de modélisation nécessaires à partir de la norme 19440 en l'enrichissant d'une étude de modèles métiers existants. Cette étude confirme l'importance du méta-modèle pour faciliter la mise en cohérence d'ontologies métiers diverses qui seront mobilisés dans un projet d'entreprise.*

*Le modèle d'entreprise fondée avec ce méta-modèle est caractérisé par son « graphe d'intégration » dont l'étude nous a conduit à proposer des outils d'analyse de l'intégration basés sur une « distance » et un « couplage » d'intégration. Nous proposons ainsi de construire des voisinages et des partitions qui éclairent l'intégration diffuse du modèle.*

*Le cadre de modélisation, le méta-modèle et le graphe d'intégration sont mobilisés dans cette démarche d'ingénierie qui supporte la recherche d'alignement entre modèles partiels. Différentes situations d'alignement sont étudiées illustrant des problématiques classiques rencontrées lors de projets ERP.*

*Les outils proposés sont illustrés sur un cas académique et des cas réels issus de modèles de référence ou solutions du marché. Nous avons conclu cette partie en esquissant la possibilité d'un atelier d'ingénierie dirigé par la modélisation qui s'appuie sur les outils proposés du graphe d'intégration pour en faire un des critères et un des résultats de la modélisation.*

Thèse

# Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle

Application aux systèmes d'informations de type ERP

Présentée devant  
L'institut national des sciences appliquées de Lyon

Pour obtenir  
Le grade de docteur

École doctorale  
École doctorale Informatique et Information pour la Société

Par  
Pierre-Alain Millet  
(Consultant, Professeur Associé)

soutenue le 14 octobre 2008 devant la Commission d'examen

Jury MM.

Khalid Benali	Maître de conférence HDR, (Nancy 2), Rapporteur
Valérie Botta-Genoulaz	Professeur (INSA de Lyon)
Jacques Erschler	Professeur (INSA de Toulouse)
Alain Guinet	Professeur (INSA de Lyon)
Hervé Pingaud	Professeur (ENIT Tarbes), Rapporteur
Michel Schneider	Professeur (ISIMA Clermont)
Kurt Weiss	Professeur, Resp. des relations académiques SAP

Laboratoire de recherche : LIESP, Laboratoire d'Informatique pour l'Entreprise et les Systèmes de Production

---

## **Une étude de l'intégration organisationnelle et informationnelle. Application aux systèmes d'informations de type ERP**

---

### Résumé

Les systèmes d'information (S.I.) d'entreprise se construisent à partir de progiciels configurés, intégrés et déployés dans des organisations en mouvement. Les enjeux d'efficacité des projets, d'efficacité des usages, de performances opérationnelles, d'alignement aux stratégies d'entreprise sont connus. Ils fondent la problématique de l'intégration organisationnelle et informationnelle, avec la genericité nécessaire à la diffusion des bonnes pratiques et normes, dans une démarche continue mêlant analyse de l'existant, conception et mise en œuvre par l'organisation. Un cadre d'ingénierie dirigée par les modèles se diffuse progressivement à partir des travaux en modélisation d'entreprise et en système d'information. Ce mémoire propose une approche centrée sur l'intégration organisationnelle et informationnelle afin d'enrichir ce cadre dans les phases de conception, d'intégration et d'usage pour prendre en compte les interdépendances entre les éléments d'un système et entre les points de vue différents sur ce système. Ce cadre étendu repose sur un méta-modèle de l'intégration et une démarche d'alignement entre les points de vue. Il s'appuie sur la théorie des graphes pour définir une notion de voisinage permettant de représenter les différentes formes d'intégration qui conditionnent, permettent ou limitent les résultats des projets. L'analyse de différents cas issus de référentiels métiers permet de valider la pertinence du cadre proposé pour enrichir les représentations de ces modèles.

**Mots-Clés :** Modélisation, Système d'information, Intégration, ERP, graphe, partitionnement...

---

## **An analysis of organizational and informational integration. Application on ERP Based Information Systems**

---

### Abstract

The Information Systems of enterprises are build with commercial software packages, configured, integrated and implemented in moving organizations. Issues of project's succes, use efficiency, operational performances, strategic alignment are known. They found the problematic of organisational and informational integration, with the required genericity, the dissemination of best practices and norms, in a continuous approach including as-is analysis, system design and implementation through the organization. A framework of model driven engineering emerges from works in enterprise modeling and information system. This dissertation proposes an approach focused on organizational and informational integration to enhance the framework in design, implementation and use phases taking in account dependencies between system elements and between the different model views on this system. This extended framework is based on an meta-model of integration and an alignment approach between model views. It leans on graph theory to define a notion of neighbourhood and represent different kinds of intégration which condition, allow or limit project results. The analysis of different cases from business reference model allows to validate the relevance of the framework enhancing model representations.

**Keywords :** Modeling, Information System, Integration, ERP, graph, clustering...

*issus de notre expérience ERP,*

- *des graphes de dépendances permettant l'analyse des problématiques d'alignement des processus, de l'organisation, des systèmes d'information, de l'infrastructure, vues comme la maîtrise des dépendances entre les acteurs, composants et objets de l'entreprise,*
- *une caractérisation dans le méta-modèle et les graphes de dépendances de la maturité des usages pour prendre en compte l'acteur humain dans l'ingénierie afin d'accompagner les projets et les actions contribuant à la contribution des systèmes d'information à la performance de l'entreprise.*

*La démarche présentée dans les chapitres précédents a été illustrée dans ce chapitre à travers un cas académique, de taille réduite pour en faciliter l'étude et la présentation dans la première section. Il fait suite à de précédents travaux portant sur BAAN, notamment sur la cohérence de l'intégration interne par les données et la structure technique des modules de l'ERP et sur l'alignement des fonctions aux processus des modèles de référence portés par le module DEM de cet ERP (Millet et al, 2005; Millet, 2005).*

*Cette démarche résulte aussi de l'étude du référentiel SCOR, autant pour le compléter par une normalisation des informations identifiées dans les échanges entre processus que pour étudier l'alignement de ce référentiel à des briques applicatives (Millet et al, 2007), (Millet 2006).*

*Ces deux cas métiers ont été repris avec la définition de distance proposée pour réévaluer les matrices et partitionnements possibles. Mais dans le cadre de cette thèse, l'étude ne peut porter que sur des cas partiels issus de ces environnements. En effet, la taille des graphes d'intégration nécessite une infrastructure technique adaptée et une plateforme automatisant l'enchaînement des tâches pour permettre des études plus systématiques d'un cas de grande taille. Nous évoquerons dans les perspectives industrielles de la partie 4, l'opportunité d'un projet de plateforme d'ingénierie ERP industrialisant les outils proposés.*

*L'étude de ces cas réels partiels donnent des résultats significatifs sur la pertinence et la faisabilité de l'approche proposée. Ils permettent de confirmer la pertinence du rayon du graphe comme longueur d'intégration. Ils mettent en avant la nécessité de critères de sélection des partitions possibles, notamment en terme de nombre, de séparabilité ou d'homogénéité.*

L'état de l'art de la partie 2 nous permet de reformuler la problématique « ERP » de manière synthétique à partir d'une relecture du sigle lui-même comme une rencontre entre les différents points de vue de l'ingénierie d'entreprise et du système d'information :

- **Enterprise Resource** : le point de vue managérial qui se préoccupe de performance économique, c'est à dire de la meilleure utilisation des ressources disponibles pour le résultat financier de l'entreprise, cherchant à concilier intégration et flexibilité. Il porte la nécessité de la standardisation là où le coût est jugé essentiel, de la différenciation dans les processus critiques de la création de valeur. Il cherche comment contribuer à la stratégie d'entreprise à coût minimum, faisant pression vers l'industrialisation des services et l'externalisation.
- **Ressource Planning** : le point de vue de l'ingénierie qui cherche l'utilisation optimale des ressources industrielles et logistiques, leur positionnement efficace dans la chaîne de la demande, modélise les processus d'approvisionnement, production et distribution pour les simuler, les optimiser, et même quand c'est possible les piloter directement.
- **Enterprise Ressource Planning** : La réponse des informaticiens à cette recherche d'intégration et de pilotage, s'appuyant sur l'industrialisation du logiciel et des services, condition de la réduction des coûts de conception et de possession, sur des architectures facilitant la flexibilité de mise en œuvre et de pilotage, cherchant à supporter les efforts de modélisation pour la conduite du changement nécessaire au management, pour le pilotage des processus métiers.

Cette relecture du sigle ERP identifie ainsi notre problématique comme la rencontre de différents points de vue sur la contribution des systèmes d'information à la performance des organisations : celui des exigences managériales de l'intégration flexible, celui de l'ingénierie d'entreprise dirigée par les modèles, celui de la maîtrise de la maturité des systèmes d'information. Cette relecture s'appuie ainsi sur les trois domaines étudiés dans l'état de l'art : modélisation d'entreprise, intégration organisationnelle et informationnelle, usages de systèmes d'information. Elle illustre fortement le caractère pluridisciplinaire des enjeux de l'alignement du S.I. aux besoins économiques du pilotage des affaires, et plus généralement des activités d'une organisation.

Pour y répondre, nous proposons un cadre d'étude pour une ingénierie d'entreprise tenant compte des contraintes d'intégration dont sont porteurs les modèles des différents points de vue. Ce cadre d'étude de l'intégration repose sur

- un cadre de modélisation d'entreprise et un méta-modèle largement issus des normes récentes que nous allons interpréter et compléter pour prendre en compte des référentiels métiers

Merci,

à Micheline et Jacques, syntaxe et syntacte mêlées qui m'ont donné la vie... et un certain sens de la dialectique,

à Maryvonne et Joel qui m'ont permis de découvrir l'INSA et la recherche,

à Guy et Yannick dont les soutenance ont relancé utilement ma motivation,

à France-Anne et Lorraine qui m'ont fait la cadeau inespéré d'un lieu de travail plein de musique, de jeunesse et de fraternité,

à Alain, Jean, Pierre, Louis qui m'ont conseillé, aidé ou inspiré,

aux membres du LIESP et du département informatique de l'INSA qui m'ont accueilli dans un incroyable espace de liberté,

à mes collègues du privé qui ont fait ce collectif de travail solidaire où ont germées les interrogations de cette thèse,

aux nombreux contacts de la communauté scientifique du GDR MACS qui ont écouté, questionné, commenté, conforté et souvent orienté les présentations de mon travail,

à Valérie qui a dirigé, accompagné, soutenu, contrôlé mon travail de recherche... des premiers articles à l'effort exigeant de rédaction pour lequel son soutien a été déterminant,

à Marie-Christine qui a supporté dans tous les sens du terme ce long défi qui n'avait pourtant d'autre justification que mon ego,

à mes filles qui restent et de très loin le plus important et le plus réussi de ma vie...

*Nous avons tellement été habitués à penser que la démarche des « sciences dures », avec son recours à la quantification, l'expérimentation et la réplication, est fondamentalement supérieure, et la seule qui soit véritablement orthodoxe, que toutes les autres démarches ne peuvent paraître que bien faibles en comparaison. Mais les sciences de type historique procèdent en reconstituant des séries d'évènements contingents, en expliquant rétrospectivement ce qui n'aurait pu être prédit. Que les preuves soient suffisantes, et l'explication peut devenir aussi rigoureuse et sûre que n'importe quelle autre dans le domaine de la science expérimentale*

Stephen Jay Gould, *Comme les huit doigts de la main* (Editions du Seuil, Paris, 1993, p83)

*Qu'est donc dans le tout ce quelque-chose à expliciter qui n'est pas la simple addition de ses parties et qui pourtant ne saurait leur être étranger sans ressortir au **deus ex machina** ? Ce quelque chose, c'est son **organisation** en tant que tout, **la connexion d'ensemble** de ses éléments et sa **logique**, laquelle, dans la situation d'émergence, est justement l'effet inédit de la nouvelle mesure surgie au « point spécifiant ». Étayée pas sa double négation, telle est donc en fin de compte l'affirmation dialectique à quoi nous conduit Hegel : le nouveau quelque-chose ne s'explique pas plus **par ses éléments** que **sans eux**; il s'explique par **leurs rapports**, base explicative de sa qualité, qui mutent à des seuils de quantité.*

Lucien Sève, *Emergence, complexité et dialectique. Sur la dynamique des systèmes non linéaires* (Edition Odile Jacob, 2005, p151)

*sont fixés ne peut se réduire à une forme d'automatisation. Au contraire, les processus de prise de décision, d'apprentissage et de résolution de conflit font de l'intégration un enjeu organisationnel. Cette dimension explique le caractère pluridisciplinaire des réponses possibles, devant prendre en compte des ressources hétérogènes.*

*L'intégration est ainsi une réponse organisationnelle au besoin de coordination dans un contexte de transformation continue de l'entreprise et de son environnement. Elle se réalise dans des situations de « couplage faible » où dominent les interactions entre organisations; on parle alors d'interopérabilité. Elle peut conduire à un « couplage fort » dans lequel les objectifs, les processus, les stratégies des acteurs doivent être en cohérence.*

*L'accélération des cycles de conception, de production, de distribution et la multiplication des acteurs et des marchés tend à rendre de plus en plus complexe et dynamique ce « couplage » entre une multiplicité de points de vue et d'intervenants.*

*Dans tous les cas, l'intégration est organisationnelle et informationnelle et se traduit par un ensemble de dépendances entre les différentes entités, ressources, informations, systèmes, acteurs. Elle porte ainsi la complexité d'une organisation dans son contexte, ses relations à ses parties-prenantes, et doit être évaluée et caractérisée pour accompagner l'alignement des différents systèmes d'une organisation. Des techniques de partitionnement ou de clusterisation peuvent aider à identifier des structures faiblement couplées à partir d'un système existant.*

*Nous retenons de cet état de l'art l'enjeu de l'intégration dans une approche pluridisciplinaire au cœur de l'alignement entre les points de vue des gestionnaires, des praticiens des différents métiers de l'entreprise, des informaticiens, des ingénieurs de l'organisation... Cette intégration n'est jamais totale ni aboutie. La flexibilité ou la réactivité conduisent toujours des acteurs à innover et transformer l'organisation. Elle doit donc être une démarche supportée par le cadre méthodologique de l'ingénierie d'entreprise, et notamment par la modélisation d'entreprise.*

*Nous proposons dans la troisième partie une démarche d'ingénierie orientée par et pour l'intégration, démarche reposant sur une représentation de l'intégration comme ensemble de dépendances pouvant être utilisée à différentes échelles d'étude, depuis les dépendances techniques et humaines d'une équipe de travail, de ses compétences, ses ressources et ses tiers, jusqu'à un secteur économique où interagissent des chaînes logistiques, des centres de financement, des centres de compétences et de formation, des supports réglementaires.*

*Cette démarche d'ingénierie sera le cadre où assurer la maîtrise des systèmes d'information, des projets associés jusqu'à la maturité de leur « bon usage » au service de la performance de l'entreprise.*

*Si le terme « ERP » a acquis une légitimité due essentiellement à sa notoriété et à sa lisibilité sur le marché, il n'en reste pas moins très flou pour identifier l'objet de la recherche qui est rendue nécessaire. Si une définition usuelle de « progiciel regroupant sur une même base de donnée le plus grand ensemble possible de fonctionnalités de gestion d'entreprise » semble dans un premier temps suffisante, on peut évoquer derrière ce sigle le progiciel conçu, développé et distribué par un éditeur (le « produit » ERP), le projet de mise en œuvre de tels progiciels dans une entreprise (le « projet » ERP), le système d'information en exploitation construit sur de tels progiciels (l'ERP en « usage »), ou plus profondément encore les transformations de long terme des systèmes d'information que révèlent le marché de l'ERP comme l'intégration et la centralisation, tendances qui concernent aussi d'autres types de progiciels ou même des développements spécifiques reproduisant certaines caractéristiques des ERP.*

*Après avoir identifié ce que recouvre le terme « ERP », défini les principaux enjeux et points de vue rencontrés, proposé une définition et un cadre d'étude pluridisciplinaire de cette réalité, prenant en compte les systèmes et leurs usage, les méthodologies de projet et le cycle de vie des systèmes, caractérisé la tendance longue à la standardisation des systèmes d'information, nous proposerons successivement :*

- *une étude des méthodes de modélisation d'entreprise et des systèmes d'information et de leur contribution à la maîtrise des projets ERP sur lesquels nous nous appuierons ensuite pour établir un méta-modèle et identifier notre cadre de modélisation.*
- *une étude des systèmes d'information, dans leurs dimensions technologiques et humaines pour caractériser l'importance des usages et des pratiques dans la contribution de ces systèmes à la performance organisationnelle.*
- *une étude de l'intégration dans l'entreprise d'un point de vue organisationnel et inter-organisationnel, des rapports entre intégration et systèmes d'information, technologies et modélisation pour identifier les enjeux d'une intégration organisationnelle et informationnelle.*

*Le concept d'intégration est largement utilisé en informatique comme en productique depuis les années 1980 avec le CIM (Computer Integrated Manufacturing) présenté comme un réseau unifié de systèmes informatiques assurant et/ou contrôlant la totalité des fonctions intégrées de l'entreprise. Cette approche était centrée sur l'outil de production et son automatisation. Mais l'intégration dans l'entreprise immergée dans une chaîne logistique, en constante transformation pour répondre aux objectifs de performance qui lui*

## Table des matières générale

<b>Partie 1</b>	
Introduction.....	9
<b>Chapitre 1.1</b>	
Pertinence économique et académique.....	13
1.1.1 Le sigle et la chose.....	14
1.1.2 Réussites, échecs et tendances historiques.....	15
1.1.3 Efforts et résultats économiques pour l'entreprise.....	17
1.1.4 Enjeux organisationnels et culture d'entreprise .....	20
1.1.5 Positionnement académique.....	22
<b>Partie 2</b>	
Etat de l'art industriel et académique.....	29
<b>Chapitre 2.1</b>	
Caractéristiques et définitions de l'ERP.....	33
2.1.1 Des origines aux définitions.....	34
2.1.2 Méthodologies et spécificités des projets ERP.....	46
2.1.3 Enjeux de la standardisation.....	55
<b>Chapitre 2.2</b>	
Modélisation d'entreprise.....	65
2.2.1 Evolution des méthodes de modélisation .....	66
2.2.2 Vers le cadre 19439 et le méta-modèle 19440 .....	70
2.2.3 Modélisation et système d'information.....	75
2.2.4 Modélisation et modèles de référence.....	86
<b>Chapitre 2.3</b>	
Systèmes d'information et usages.....	97
2.3.1 De l'informatique au système d'information.....	98
2.3.2 Ingénierie des Systèmes d'Information.....	102
2.3.3 Maturité des usages d'un S.I. ....	110
<b>Chapitre 2.4</b>	
Intégration organisationnelle et informationnelle.....	117
2.4.1 Intégration et organisation.....	118
2.4.2 Intégration et standardisation.....	129

Partie 3	
Démarche d'ingénierie orientée intégration.....	135
Chapitre 3.1	
Cadre et méta-modèle de l'intégration.....	139
3.1.1 Cadre de modélisation de l'intégration.....	140
3.1.2 Méta-modèle de l'intégration.....	145
3.1.3 Référentiels métiers pour les modèles d'entreprise.....	159
Chapitre 3.2	
Graphe d'intégration du modèle d'entreprise.....	181
3.2.1 Graphe des dépendances.....	182
3.2.2 Sous-graphes d'intégration.....	189
3.2.3 Définition de mesures de l'intégration.....	197
3.2.4 Partitionnement d'un graphe d'intégration.....	201
3.2.5 Couplage et voisinage d'intégration.....	203
3.2.6 Complexité des algorithmes.....	207
3.2.7 Dépendances et maturité des usages des S.I.....	208
Chapitre 3.3	
Ingénierie d'entreprise orientée intégration .....	213
3.3.1 Démarche d'alignement.....	215
3.3.2 Démarche d'ingénierie .....	217
3.3.3 Démarche d'alignement et graphe d'intégration.....	223
Chapitre 3.4	
Illustration sur des cas académiques et réels.....	233
3.4.1 Illustration sur un cas académique.....	234
3.4.2 Illustration sur le cas BAAN.....	245
3.4.3 Illustration sur le cas SCOR.....	252
Partie 4	
Conclusions et Perspectives.....	257
Chapitre 4.1	
Conclusions et perspectives académiques.....	259
4.1.1 Conclusion au détour du terrain.....	260
4.1.2 Perspectives pour le cadre de modélisation.....	265
4.1.3 Perspectives pour le graphe d'intégration.....	267
Chapitre 4.2	
Perspectives d'applications industrielles.....	271
4.2.1 Navigation non hiérarchique dans un ERP .....	272
4.2.2 Re-conception architecture applicative ERP .....	273
4.2.3 Vers un configurateur de projet ERP.....	274

Partie 5	
Annexes .....	279
Annexe 1 Liste des fonctions de l'ERP BAAN.....	280
Annexe 2 Liste de construits de modélisation.....	281
Annexe 3 Liste des blocs de construction SAP A1.....	282
Annexe 4 Définition des briques applicatives.....	283
Annexe 5 Algorithmes utilisés.....	287
Annexe 6 Bibliographie.....	291
Annexe 7 Listes des figures .....	305
Annexe 8 Listes des Tableaux.....	307

**L'**objectif de cette thèse est de prolonger les travaux reliant le point de vue interne de ces systèmes de gestion intégré, et notamment la modélisation de leur complexité informationnelle, avec les points de vue externes explicitant les conditions d'efficacité des usages et leur contribution à la performance d'une organisation. Pour cela, elle mobilise les points de vue de la modélisation d'entreprise et de la modélisation des systèmes d'information afin de repérer les concepts nécessaires à la modélisation de l'intégration, autant au plan des rôles, responsabilités, processus, organisations et de leurs relations qui permettent d'expliciter l'intégration organisationnelle, qu'au plan des applications, fonctionnalités, données programmes, interfaces et de leur interopérabilité qui permettent d'expliciter l'intégration informationnelle. Pour ces différents concepts, des « modèles de référence » sont recherchés afin de tenir compte de l'impact des solutions standard et des « bonnes pratiques » sur cette double intégration organisationnelle et informationnelle. L'intégration est explicitée sous forme de « dépendances » entre différents types d'objets organisationnels ou informationnels afin de proposer un modèle de la complexité des systèmes d'information intégrés.

**C**ette cohérence entre point de vue externe et interne oblige à s'interroger avec les sciences sociales et humaines, les sciences de la gestion et du management sur les interactions entre les technologies et l'organisation, entre les systèmes et les acteurs, c'est-à-dire à proposer un double point de vue : systémique à partir des disciplines des sciences de l'ingénieur, de la modélisation des systèmes, mais aussi « sociologique » en interrogeant le point de vue des utilisateurs et la réalité des « usages » dans leur dimension conflictuelle et incertaine.